

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 16 » июня 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Физика пласта**
(наименование)

Форма обучения: _____ **очная**
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ **бакалавриат**
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ **180 (5)**
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ **21.03.01 Нефтегазовое дело**
(код и наименование направления)

Направленность: _____ **Нефтегазовое дело (общий профиль, СУОС)**
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – приобретение комплекса знаний по физике нефтяного пласта, как современной комплексной прикладной науки о свойствах пластовых систем, особенностях молекулярного взаимодействия жидких и твердых фаз; формирование научного мировоззрения на основе знаний о физических закономерностях сложных природных систем; воспитание навыков экологической культуры при разработке нефтяных и газовых залежей.

Задачи:

1. Изучить научные основы, термины и понятия, а также основные методики определения петрофизических свойств горных пород.
2. Изучить организацию лабораторных работ по определению коллекторских свойств пород.
3. Формирования навыков исследования фильтрационно-емкостных свойств горных пород.
4. Формирование умения проводить расчеты, использовать нормативные документы (ОСТ, ГОСТ).

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

1. Образцы горных пород (керна) продуктивных отложений.
2. Модели пластовых флюидов.
3. Лабораторное оборудование для изучения фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов.
4. Методики изучения свойств горных пород и флюидов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знать: - лабораторные и скважинные методы анализа петрофизической информации по технологическим процессам заводнения продуктивных пластов при разработке залежей и механизированной добыче нефти и газа.	Знает методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать и проводить лабораторные эксперименты по определению емкостно-фильтрационных, литолого-структурных, физико-механических свойств нефтяного пласта по керновому материалу; - обрабатывать экспериментальные данные с использованием современных прикладных программных продуктов; - интерпретировать результаты и делать выводы о кондиционных свойствах пород-коллекторов. 	<p>Умеет планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие; выводы</p>	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью использовать графические и статистические пакеты программ для определения емкостных, фильтрационных, структурных, механических и электрических свойств пластовых систем при разведке, разработке и эксплуатации объектов нефтегазодобычи. 	<p>Владеет способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности</p>	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	34	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
3-й семестр				
Введение	2	0	0	2
Предмет и задачи дисциплины "Физика пласта", основные понятия, термины и определения.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Модуль 1. Петрофизические свойства горных пород.	18	10	10	46
<p>Тема 1. Технология отбора и лабораторные исследования керна Исследование керна в современном кернохранилище. Подготовка образцов горных пород для лабораторных анализов. Изготовление и регистрация образцов. Экстрагирование, насыщение под вакуумом и хранение образцов горных пород. Режим сушки, вакуумирования и насыщения образцов керна. Насыщение горных пород при избыточном давлении.</p> <p>Тема 2. Минералогический и гранулометрический состав пород Классификация горных пород по происхождению. Свойства горных осадочных пород. Терригенные и карбонатные горные породы. Минералогический и гранулометрический состав пород. Ситовый и седиментационный анализ горных пород. Классификация горных пород по типам коллекторов. Типы цемента горных пород. Форма и окатанность частиц. Признаки породы-коллектора нефти и газа.</p> <p>Тема 3. Емкостные и фильтрационные свойства пород-коллекторов Пористость, кавернозность и трещиноватость. Классификация пород-коллекторов по размерам поровых каналов. Коэффициенты полной, открытой, эффективной и динамической пористости. Проницаемость горных пород. Способы определения проницаемости горных пород. Приборы для определения абсолютной проницаемости. Вертикальная и горизонтальная проницаемость. Капиллярные свойства и остаточная водонасыщенность пород.</p> <p>Тема 4. Структурные характеристики пород-коллекторов Структура пустотного пространства. Извилистость и проточность поровых каналов. Структурный коэффициент. Эффективный диаметр. Гидравлический радиус пустот. Распределение пустот по размерам в горной породе. Удельная поверхность горных пород. Методы исследования структуры пород-коллекторов.</p> <p>Тема 5. Механические свойства горных пород Прочность. Твердость. Упругость. Пластичность. Сжимаемость. Набухаемость. Текучесть. Коэффициент объемной упругости горных пород. Методы определения механических свойств горных пород. Напряженное состояние горных пород в массиве. Нормальное и касательное</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>напряжения. Напряженное состояние горных пород в околоскважинном пространстве. Пластовое давление. Горное давление. Эффективное давление. Деформационные процессы в продуктивных пластах при их разработке.</p> <p>Тема 6. Акустические и тепловые свойства горных пород</p> <p>Акустические свойства горных пород. Продольные и поперечные волны. Коэффициенты отражения и затухания. Факторы, влияющие на акустические свойства горных пород (давление, температура, насыщенность, структура и текстура горных пород). Теплоемкость. Теплопроводность. Температуропроводность. Методы определения тепловых свойств горных пород.</p>				
Модуль 2. Характеристики пластовых флюидов.	6	6	6	12
<p>Тема1 . Физико-химические свойства природных и попутных газов.</p> <p>Состав природных и попутных газов. Основные свойства газа. Плотность. Вязкость. Критические и приведенные параметры газа. Коэффициенты сверхсжимаемости газа. Зависимость свойств газа от его состава, давления и температуры.</p> <p>Влагосодержание газа. Условия образования кристаллогидратов в природном газе. Состав и свойства газоконденсатных смесей.</p> <p>Тема2 .Физическо- химические свойства пластовой нефти</p> <p>Нефтенасыщенность и методы ее определения. Состав нефти. Физико-химические, тепловые и электрические свойства пластовой нефти. Плотность. Вязкость. Реологические характеристики нефтей. Статическое напряжение сдвига. Приборы для изучения свойств нефти. Скважинные пробоотборники. Растворимость газов в нефти. Закон Генри. Влияние газонасыщенности на физико-химические свойства нефти. Давление насыщения. Сжимаемость, объемный коэффициент и усадка нефти. Кривая разгазирования пластовой нефти.</p> <p>Тема 3. Физико-химические свойства пластовых вод</p> <p>Состав пластовых вод. Плотность. Вязкость. Сжимаемость. Термическое расширение. Минерализация. Электропроводность. Растворимость природных газов в пластовой воде. Влияние давления и температуры на физические свойства пластовых вод. Термодинамические и физико-химические условия кристаллизации солей из пластовых вод. Жесткость и кислотность пластовых вод. Состояние остаточной воды в</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
продуктивных коллекторах.				
Модуль 3. Нефте- и газоотдача пластов.	8	2	2	12
<p>Тема 1. Поверхностно-молекулярные свойства пластовых систем</p> <p>Поверхностное натяжение на границах разделов сред, зависимость его от рода флюидов, минерализации, состава, давления и температуры. Методы определения поверхностного натяжения на границе жидкость-жидкость, жидкость-газ. Смачиваемость горных пород-коллекторов нефти и газа. Гидрофильные и гидрофобные горные породы. Зависимость смачиваемости от давления, температуры, рода жидкости и типа поверхности. Роль смачиваемости горных пород коллекторов при вытеснении нефти и газа водой.</p> <p>Тема 2. Механизм вытеснения нефти водой из пористых сред</p> <p>Источники пластовой энергии. Физические основы вытеснения нефти и газа из пористых сред. Силы, действующие в пласте в процессе вытеснения нефти и газа водой. Механизм вытеснения нефти водой из фиктивного грунта. Механизм вытеснения нефти водой из реального грунта. Эффект Жамена. Применение ПАВ для повышения нефтеотдачи. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Капиллярное давление, методы его определения. Капиллярное впитывание. Физико-химические основы повышения отдачи коллекторов.</p> <p>Тема 3. Моделирование процессов фильтрации в нефтяных и газовых залежах</p> <p>Экспериментальные исследования процессов вытеснения нефти и газа водой. Коэффициент вытеснения. Методика подготовки и проведения эксперимента по вытеснению нефти водой. Приборы и аппаратура для моделирования процесса вытеснения. Критерии подобия. Современные направления исследований в области физики нефтяного и газового пласта для решения задач повышения нефтеотдачи коллекторов.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	34	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	34	18	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение графиков интегральной и дифференциальной функции распределения размеров частиц по ситовому анализу

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Расчет карбонатности горных пород
3	Расчет полной, открытой и эффективной пористости горных пород
4	Построение графиков кривой капиллярного давления для различных типов коллекторов
5	Расчет остаточной водонасыщенности по данным центрифугирования
6	Расчет среднего, модального и медианного радиусов пор по данным центрифугирования
7	Расчет толщины зоны ВНК по данным анализа ФЕС горных пород
8	Построение графиков параметра пористости и параметра насыщения по данным электрометрии
9	Расчет нефте- и водонасыщенности образцов керна по данным анализов на приборе ЛР-4 (Закса)

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение гранулометрического состава пород ситовым способом
2	Определение карбонатности горных пород газометрическим способом на приборе Кларка АК-4
3	Определение коэффициента абсолютной проницаемости горных пород при стационарной фильтрации газа
4	Определение коэффициента открытой пористости по методу Преображенского
5	Определение коэффициента глинистости осадочных горных пород методом отмучивания (метод Сабанина)
6	Определение электрических характеристик горных пород-коллекторов
7	Исследование капиллярных явлений методом капиллярной пропитки горных пород
8	Определение среднего размера кварцевых зерен минерального скелета цементированных пород-коллекторов оптическим методом
9	Определение коэффициента остаточной водонасыщенности методом Мессера

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гиматудинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учебник для вузов / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский. - М.: Недра, 1982.	41
2	Котяхов Ф.И. Физика нефтяных и газовых коллекторов / Ф.И. Котяхов. - М.: Недра, 1977.	1

3	Мирзаджанзаде А.Х. Физика нефтяного и газового пласта / А.Х. Мирзаджанзаде, И.М. Аметов, А.Г. Ковалев. - М. Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2005.	23
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Гиматудинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учебник для вузов / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский. - Москва: Альянс, 2014.	2
2	Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта : учебное пособие для вузов / Ш.К.Гиматудинов,А.И.Ширковский. - М.: Альянс, 2005.	58
3	Злобин А. А. Теория и практика применения ядерного магнитного резонанса в физике нефтяного пласта / А. А. Злобин. - Пермь: Изд-во ПМ, 2015.	2
4	Пирсон С. Дж. Учение о нефтяном пласте : пер. с англ. / С. Дж. Пирсон. - Москва: Гостоптехиздат, 1961.	1
5	Тульбович Б. И. Методы изучения пород-коллекторов нефти и газа / Б. И. Тульбович. - Москва: Недра, 1979.	1
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, , 2011 - 2016, № 19 [на англ. яз.]. - 2016.	1
2	Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений : научно-технический журнал. - Москва: , ВНИИОЭНГ, , 1992 - . 2001, № 1.	1
3	Евдошенко Ю. В. Неизвестное Нефтяное хозяйство, 1920-1941 гг. : очерки по истории нефтяной промышленности СССР и отраслевого научно-технического журнала / Ю. В. Евдошенко. - Москва: Нефт. хоз-во, 2010.	1
4	Нефтепромысловое дело : научно-технический журнал. - Москва: , ВНИИОЭНГ, , 1965 - . 2008, № 8.	1
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Мордвинов А. А. Лабораторно-экспериментальные и практические методы исследования нефтегазопромысловых процессов : учебное пособие для вузов / А. А. Мордвинов, Н. В. Воронина, Э. И. Каракчиев. - Ухта: Изд-во УГТУ, 2001.	5
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Злобин А. А. Лабораторный практикум по физике нефтяного и газового пласта : учебное пособие / А. А. Злобин, Г. П. Хижняк. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	5

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Злобин А. А. Лабораторный практикум по физике нефтяного и газового пласта : учебное пособие / А. А. Злобин, Г. П. Хижняк. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks197795	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Квеско Б. Б. Физика пласта : учебное пособие / Б. Б. Квеско, Н. Г. Квеско. - Москва Вологда: Инфра-Инженерия, 2018.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks200288	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Котяхов Ф.И. Физика нефтяных и газовых коллекторов / Ф.И. Котяхов. - М.: Недра, 1977.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks110227	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Мирзаджанзаде А.Х. Физика нефтяного и газового пласта / А.Х. Мирзаджанзаде, И.М. Аметов, А.Г. Ковалев. - М. Ижевск: Ин-т компьют. исслед., 2005.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks102396	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Хижняк Г. П. Физика пласта / Г. П. Хижняк, Г. В. Плюснин. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2013.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4669	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
ПО для обработки изображений	Adobe Photoshop CS3 Russian (ПНИПУ 2008 г.)
ПО для обработки изображений	Corel CorelDRAW Suite X4, . (ПНИПУ 2008г.)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Автоматический тензиометр К11.	1
Лабораторная работа	Аппарат Кларка АК-4 для определения коэффициента карбонатности горных пород.	1
Лабораторная работа	Вибростенд электродинамический ПЭ – 6700.	1
Лабораторная работа	Вискозиметр ВПЖ-2.	4
Лабораторная работа	Комбинированный измеритель Seven Multi.	1
Лабораторная работа	Микроскоп "Микромед-5".	2
Лабораторная работа	Прибор ГК - 5 для определения газопроницаемости горных пород.	1
Лабораторная работа	Резистивиметр ПР-1.	1
Лабораторная работа	Роторная мешалка HS-50A фирмы WiseStir.	1
Лабораторная работа	Спектрофотометр ECOVIEW-B1100.	1
Лабораторная работа	Сталагмометр СТ-3.	1
Лабораторная работа	Сушильный шкаф с регулировкой температуры.	2
Лабораторная работа	Универсальный ротационный вискозиметр RV 2.1.	1
Лабораторная работа	Установка для насыщения образцов горных пород.	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Электронные цифровые весы.	2
Лекция	Интерактивная доска SmartBoard 690.	1
Лекция	Компьютер в комплекте (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с выходом в Интернет.	1
Лекция	Мультимедиа комплекс в составе: мультимедиа - проектор потолочного крепления, интерактивная доска SmartBoard 690, система акустическая.	1
Практическое занятие	Интерактивная доска SmartBoard 690.	1
Практическое занятие	Компьютер в комплекте (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с выходом в Интернет.	15
Практическое занятие	Мультимедиа комплекс в составе: мультимедиа - проектор потолочного крепления, интерактивная доска SmartBoard 690, система акустическая.	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе